



# Diagnóstico del desarrollo tecnológico de la ciencia de materiales en las PYMES de la ciudad de Cuenca

Jorge Fajardo Seminario\*, Marco Amaya Pinos\*\*, Fernando Novillo /  
Gustavo Romero\*\*\*  
email: jfajardo@ups.edu.ec

## Resumen

El presente estudio da a conocer el desarrollo tecnológico y científico de los materiales de ingeniería utilizados por las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en la ciudad de Cuenca, relacionándolo con el nivel de innovación tecnológica que presentan. Se brinda información sobre la variedad de materiales de ingeniería que se procesan, su nivel tecnológico y los problemas más comunes que enfrentan en el proceso productivo.

Se analiza la orientación de la investigación e innovación tecnológica en el campo de los materiales aplicada por el sector industrial. Para el efecto se realizaron encuestas a jefes de producción de una muestra de empresas locales que pertenecen a la CAPIA y a la Cámara de Industrias de Cuenca.

Finalmente, se plantean líneas de acción para impulsar el desarrollo de la ciencia de materiales en la industria cuencana mediante trabajo conjunto entre la empresa y los centros de educación superior.

**Palabras clave:** Ciencia, tecnología, materiales, investigación, PYMES, ingeniería, diagnóstico

## Abstract

*This study discloses the technological and scientific development of engineering materials used by small and medium enterprises (PYMES) in the city of Cuenca related to the level of technological innovation that occur. It provides information about the variety of engineering materials that are processed, their technological level and the most common problems faced in the production process.*

*Shows the direction of research and technological innovation in the field of applied engineering materials for industry. This will involve production managers survey of a sample of local businesses that belong to the CAPIA and the Association of Industries of Cuenca.*

*Finally, raised lines of action to promote the development of materials science in industry Cuenca through joint work between the company and higher education centers.*

**Keywords:** Science, technology, materials, research, PYMES, engineering, diagnosis

\* Ingeniero Mecánico, Profesor de la Carrera de Ingeniería Mecánica – UPS - sede Cuenca, estudiante de Maestría en automatización y control industrial UPS.

\*\* Máster en auditorías de gestión de calidad, Ingeniero Mecánico, Profesor de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz – UPS - sede Cuenca.

\*\*\* Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica – UPS - sede Cuenca.

Recibido: 31-agosto-2011; Aprobado: 15-octubre-2011

Forma sugerida para citar: Fajardo Seminario, Jorge. (2011). " Diagnóstico del desarrollo tecnológico de la Ciencia de Materiales en las PyMES de la ciudad de Cuenca". *INGENIUS*. N° 6, (julio/diciembre). pp. 37-48 .ISSN: 1390-650X



## 1. Introducción

El nivel tecnológico de los países avanzados está impulsado, en gran parte, por la generación, desarrollo y utilización de nuevos materiales. Esta actividad ha promovido un fuerte impulso también en la investigación, demostrado en el gran número de premios Nobel de Física y Química que han recibido los científicos dedicados a temas relacionados con la ciencia de materiales.

Desde el punto de vista económico el sector productivo local y nacional afronta serios problemas como el déficit en la balanza comercial que se ha mantenido desde hace varios años (1), así como la baja posición que ocupa en los indicadores internacionales de competitividad, innovación, valor agregado y desarrollo (2). Considerando estudios previos se determinó el bajo nivel de automatización que posee la industria local (3), en torno a este aspecto se busca encontrar la relación que existe entre el nivel de innovación tecnológica de las industrias cuencanas con el desarrollo tecnológico de los materiales que procesa.

La investigación se realizó en la ciudad de Cuenca, en las empresas registradas en la Cámara de Pequeñas Industrias del Azuay (CAPIA) y en la Cámara de Industrias de Cuenca, y tiene como objetivo contribuir al desarrollo del área de ciencia de materiales a través de un diagnóstico que permita la identificación de oportunidades de investigación y desarrollo en este campo.

Por lo tanto el presente estudio puede ser considerado por los centros investigativos de educación superior y por los sectores productivos locales para definir líneas de acción tendientes a mejorar el nivel científico y productivo a partir del desarrollo de la ciencia de materiales.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Base de datos

Se partió recopilando bases de datos de la CAPIA al año 2010 (197 empresas) y de la Cámara de industrias de Cuenca al año 2009 (168 empresas). En total 365 empresas que incluyen a los siguientes sectores: alimenticio, gráficas, joyería, madera y corcho, metalmecánica, minerales no metálicos, prendas de vestir, sustancias químicas, construcción y otros.

### 2.2 Calificación y priorización

Se realizó un proceso de calificación de las empresas para priorizar aquellas que despiertan interés en función de los objetivos de la investigación.

Se ponderaron cuatro aspectos relevantes para garantizar la vialidad y la variedad de la información. A cada una de las empresas se le calificó en una escala de ponderación:

1 = Bajo, no aplica; 2 = Medio, aplicable; 3 = Alto, muy aplicable.

Los criterios que se calificaron fueron:

**1 Importancia de los materiales para la investigación.** Se prefirió a las empresas que trabajan con materiales de ingeniería.

**2 Variedad de materiales.** Se calificó con mayor puntaje aquellas empresas que procesan mayor cantidad de materiales.

**3 Nivel de producción.** Se prefirió a empresas con mayor volumen de producción.

**4 Proceso de manufactura.** Se ponderó con mayor valor las empresas que tienen variedad de procesos de manufactura.



Del total de 365 empresas, se calificaron a 200, consideradas como la población total ponderada. A partir de esta se determinó la muestra a ser encuestada. En base a una constatación de la confiabilidad de los datos, se asumió una estimación del error del 10%, además por no contar con datos de estudios previos similares se llegó a establecer un nivel de confianza del 90%, con lo que la muestra a ser estudiada fue de 65 empresas (4) que representa un 32,5% del total de calificadas. En la tabla 1 se puede observar la distribución estratificada de las muestras de empresas a encuestar y la proporción que representan del total.

Tabla 1. Muestras de empresas para estudio		
Sector	Número	%
Metalmecánica	14	22%
Alimentos	8	12%
Química	5	8%
Gráficas	6	9%
Prendas de vestir	5	8%
Maderas y corchos	5	8%
Construcción	5	8%
Minerales no metálicos	3	5%
Joyería u otros	3	5%
Salud	2	3%
Manufactura de llantas	1	2%
Otras	8	12%
Total	65	100%

Se ha buscado mantener la proporción de las muestras por sector de acuerdo a la población total, en gran medida se ha logrado, generando pequeñas diferencias por la falta de colaboración de ciertas empresas.

### 2.3 Formato de encuesta

Se elaboró el formato para recabar información general sobre la empresa, los materiales que procesa, suministra o adquiere, visualizar

la problemática que presenta cada empresa vinculada con los materiales y analizar las dificultades y oportunidades para mejorar el nivel tecnológico e investigativo desde la óptica de los gerentes o supervisores de producción.

## 3. Resultados

### 3.1 Estructura del sector empresarial encuestado

En primer lugar se buscó determinar el tipo de industria según el sector productivo al que pertenece.

En la figura 1 se puede observar que el sector que más empresas abarca es el secundario o industrial con un 86%, lo que da cuenta que la industria local tiene un interesante nivel de desarrollo o está en vías de desarrollo.

Si bien se nota una elevada representación del sector industrial, a partir de la balanza comercial del Ecuador en el primer semestre del 2011 (1), se puede notar la baja participación en las exportaciones no petroleras de los productos industriales manufacturados a partir de cuero, plástico, caucho y metal, que representan el 9,1% del total, lo que da cuentas que a nivel de exportación el comportamiento fue de industria primaria basada en explotación de recursos naturales.

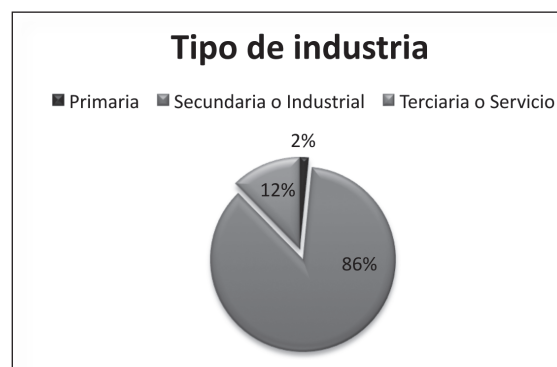


Fig. 1. Clasificación por tipo de industrias



### 3.2 Materiales de ingeniería utilizados

En cuanto a los materiales que las empresas adquieren, procesan o comercializan, en la figura 2 se puede notar que se cubre con el 90% de los grupos de materiales de ingeniería. Por otro lado llama la atención los bajos niveles de uso de materiales de alta tecnología que sumados llegan al 24% y abarcan materiales como los semiconductores que son utilizados aunque en poca medida en las industrias gráficas,

maderera y metalmecánica, las superaleaciones empleadas muy poco en industrias químicas y metálicas y los nano materiales que no tienen uso significativo en la industria local.

Este aspecto marca un retraso a nivel tecnológico con respecto a los países desarrollados, quienes desde los años 80 ya estudiaban y utilizaban materiales avanzados de ingeniería (5), lo que explica el potencial tecnológico que han alcanzado.

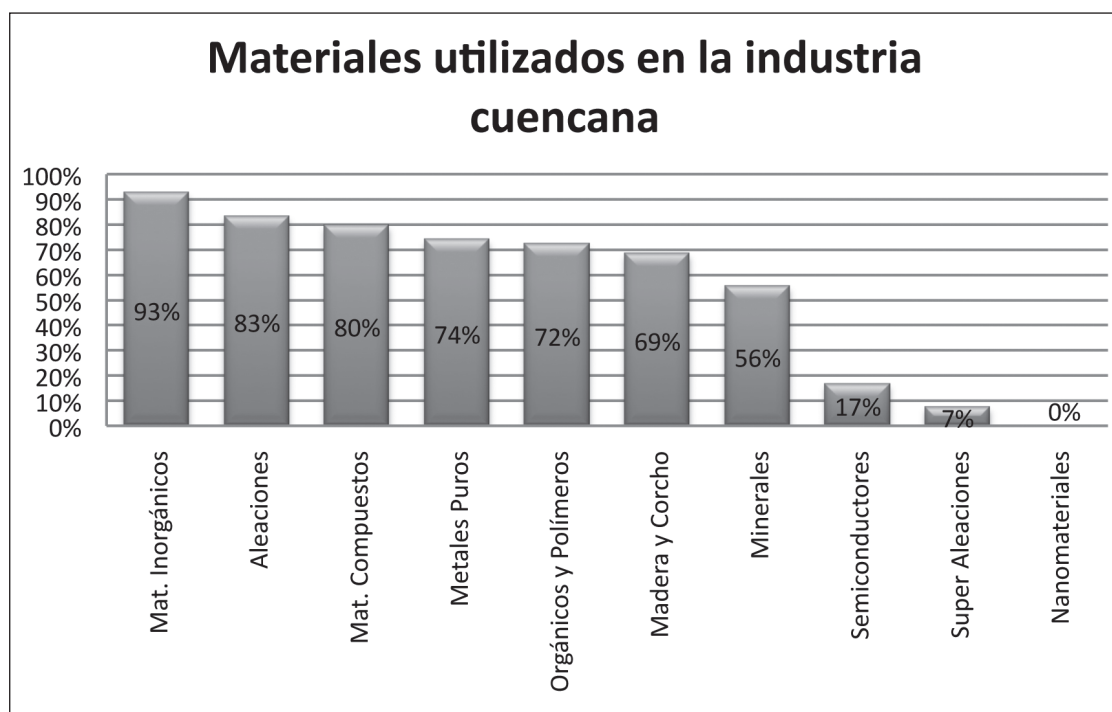


Fig. 2. Materiales de ingeniería utilizados

### 3.3 Problemas relacionados con los materiales

En cuanto a las problemáticas relacionadas con los materiales se puede notar en la figura 3 que los principales problemas se presentan en la etapa de producción debido a los procesos

de transformación a que son sometidos los materiales, relacionados a las propiedades físicas y químicas de los mismos, representan un porcentaje acumulado del 37%, es un detalle importante a considerar para el planteamiento de acciones investigativas.



Otro elemento problemático en las empresas constituye el suministro de materiales con un 33%, se evidenciaron problemas relacionados con: acceso a laboratorios de análisis de materiales, procesos de suministro, especificaciones técnicas, garantías, criterios de calidad, cumplimiento de plazos de entrega y el soporte técnico.

El embalaje y almacenamiento de producto terminado presentó el 19% debido a los costos que representan los insumos que garanticen la conservación y durabilidad de los productos ante golpes, ralladuras, humedad, degradación, inflamación, oxidación, corrosión, aplastamiento, etc.

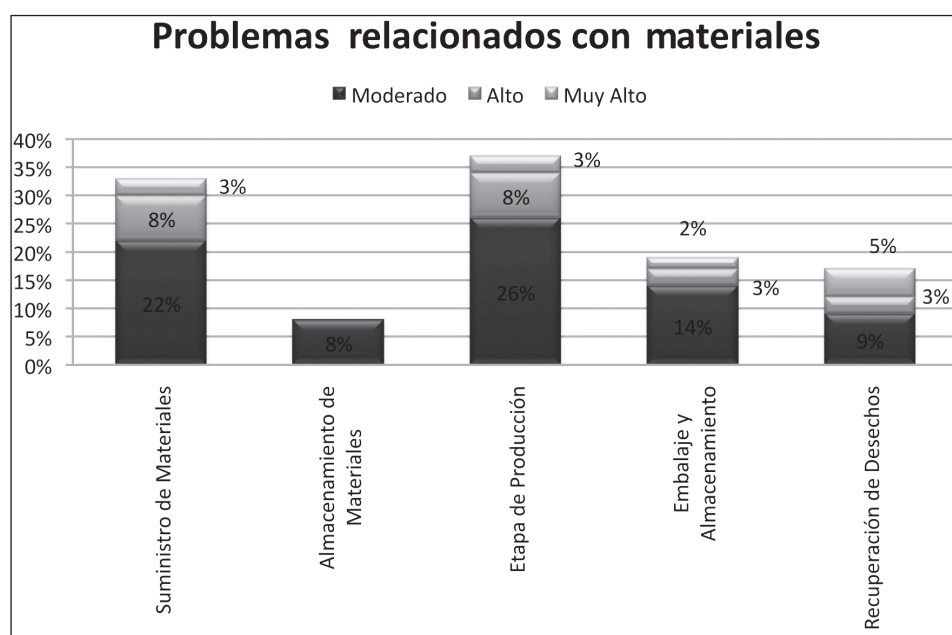


Fig. 3. Problemas relacionados con materiales en proceso productivo.

### 3.4 Lugar de realización de los ensayos

En el caso de las empresas que realizan ensayos a sus materiales o materia prima fue importante determinar si disponen de laboratorios asequibles para la realización de los mismos. Como se puede ver en la figura 4, un 48% realizan los ensayos en laboratorios propios dentro de la empresa, lo que garantiza una verificación y control de las características de calidad de los materiales, facilitando la toma

de acciones inmediatas en caso de no conformidades. El 28% realiza sus ensayos dentro de la ciudad lo que de alguna manera permite resultados en plazos aceptables. El 18% lo realizan en laboratorios dentro del país y el 10% lo realiza fuera del país, estos dos aspectos traen inconvenientes en procesos productivos en serie ya que limita el tiempo de respuesta ante no conformidades, lo que genera lotes defectuosos y re procesos o desperdicios creando costos adicionales de producción.

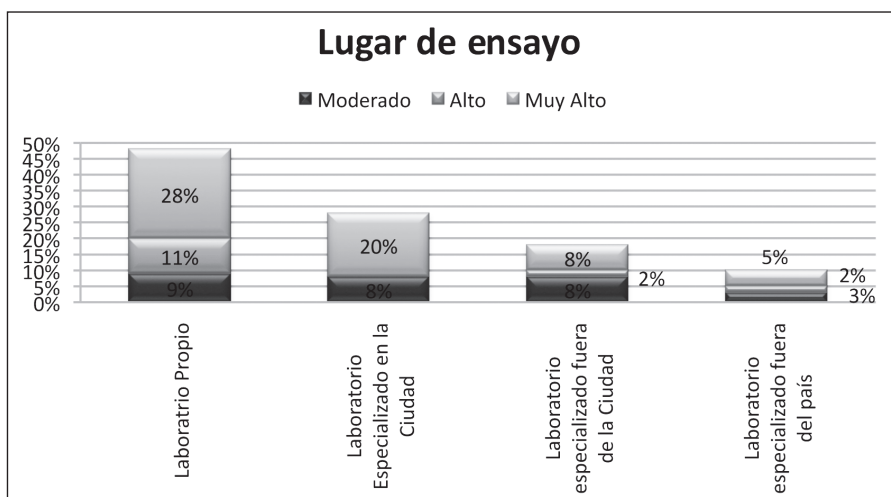


Fig. 4. Lugar de ensayo de materiales.

### 3.5 Nivel tecnológico de los equipos procesadores de materiales

Un aspecto determinante acerca del nivel tecnológico de los materiales está relacionado con el nivel tecnológico de las máquinas y equipos utilizados para procesarlos. A partir del presente estudio se puede observar en la figura 5 que

la tecnología que disponen en las máquinas y equipos se encuentra entre tecnología baja y tecnología básica mayoritariamente, llegan a cubrir los dos tercios de la maquinaria existente con el 65% entre las dos, lo que concuerda con el nivel tecnológico de materiales que se procesan. Entre los niveles de tecnología media y alta se cubre un tercio de la maquinaria con el 35%.

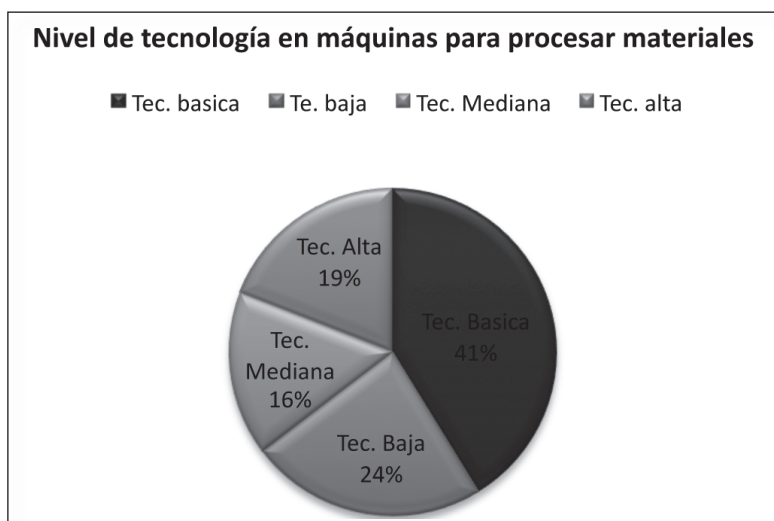


Fig. 5. Nivel de tecnología de máquinas para procesar materiales





En la distribución acumulada por sectores de la figura 6 las industrias de manufactura de llantas, gráficas y de madera presentan los niveles más altos de automatización y coincide con el nivel tecnológico de los materiales que procesan.

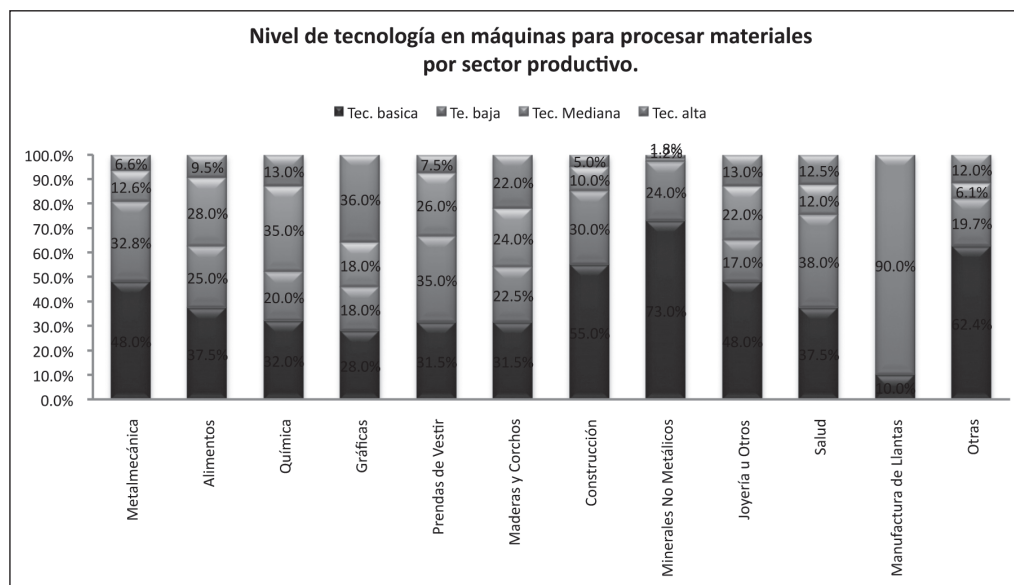


Fig. 6. Nivel de tecnología en máquinas para procesar materiales por sector productivo

Como segunda parte del estudio se buscó identificar las actividades de I + D, presentes en las industrias locales para poder determinar el compromiso adquirido en cuanto a innovación y desarrollo.

### 3.6 Intensidad de investigación

En los últimos tres años en el sector industrial el 32% no ha realizado ningún tipo de investigación y el 10% no sabe. Mientras tanto que en un porcentaje considerable que es el 58% ha efectuado algún tipo de investigación dentro de su empresa como se ve en la figura 7.



Fig. 7. Porcentaje empresas que realizaron investigación en los últimos tres años.

### 3.7 Áreas de investigación

Dentro del porcentaje que realiza algún tipo de investigación en el sector industrial, el 24,5% realiza investigación en el campo de tecnología de producción; el 15,6% realiza análisis en lo referente a la materia prima; el 13,4% efectúa análisis enfocada a la calidad; mientras tanto el 11,1% y el 8,9% efectúan desarrollo de nuevos productos y análisis de materiales respectivamente. En porcentajes más bajos se pueden observar actividades referentes a ensayos mecánicos de materiales (figura 8).

### 3.8 Inversión en innovación

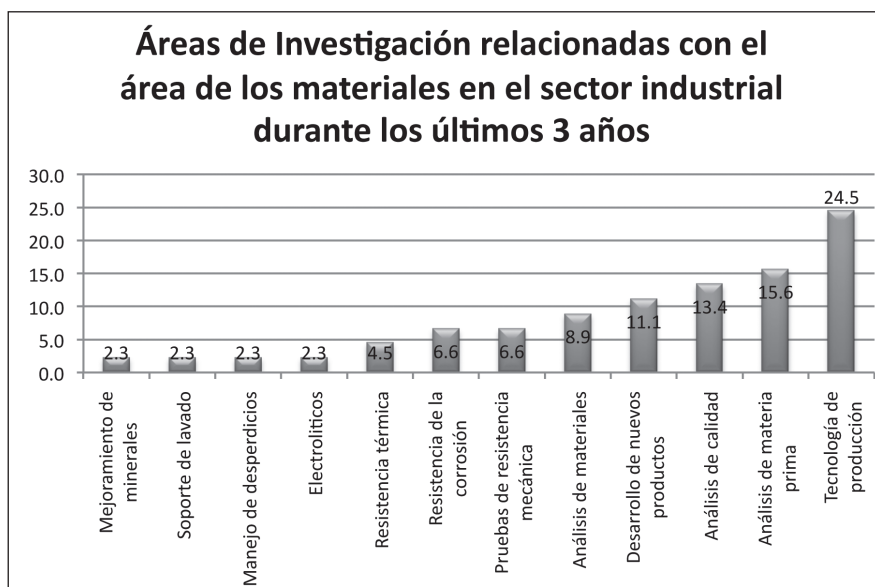


Fig. 8. Áreas de investigación en materiales en los tres últimos años

En los últimos tres años la inversión en lo referente a la innovación tecnológica en relación al volumen de ventas se indica en la figura 9. Se observa una distribución “de campana invertida”, con crestas en los extremos y un valle en medio, resalta que las empresas que no alcanzan el valle del 0,5% de intensidad de inversión en innovación, son el 32% de las encuestadas.

Como aspecto relevante en los datos presentados se observa que el 40% del sector industrial invierte más del 2% del volumen de ventas en innovación tecnológica; sin embargo no es un referente para revelar el estado de innovación de las empresas. La inversión en innovación y desarrollo durante el año 2003 le posicionó al Ecuador en el puesto 13 entre 16 países, con un gasto per cápita del 1,45%; que tiene correspondencia con los datos mencionados anteriormente. (6)

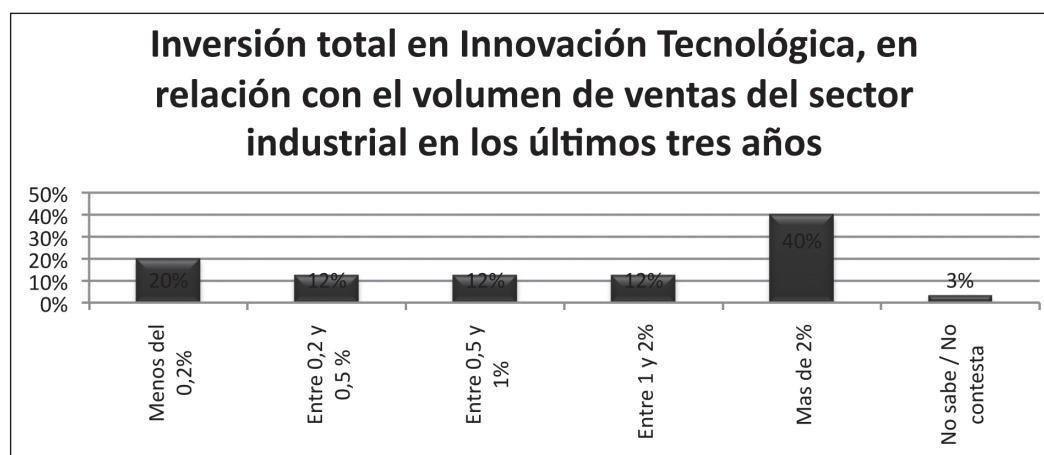


Fig. 9. Inversión vs. volumen de ventas en innovación últimos tres años



### 3.9 Modos de innovación tecnológica

Existen diferentes tipos de innovación tecnológica; muchos no se basan en actividades de investigación más desarrollo (I + D), debido a que el sector industrial adopta tecnologías y conocimientos desarrollados por otras empresas.

Para clasificar el estado de innovación de las empresas se tomó como referencia el documento generado por Innovation Scoreboard (7) de la Unión Europea, en donde contempla cuatro indicadores de modos de innovación que permiten clasificar a las empresas con actividades de innovación tecnológica.

- *Innovador estratégico.* La innovación es componente clave de la estrategia competitiva de la empresa, que realiza innovación más desarrollo (I + D) de modo sostenido para desarrollar nuevos productos o innovaciones de procesos.

- *Innovador intermitente.* La empresa realiza innovación más desarrollo (I + D) y desarrolla innovaciones cuando es necesario u oportuno, pero la innovación no es actividad estratégica clave; a veces el esfuerzo (I + D) se centra en adaptar nueva tecnología desarrollada por otras empresas.

*Modificador de tecnología.* La empresa modifica sus productos o procesos existentes mediante actividades no basadas en innovación más desarrollo (I + D); frecuentemente, este tipo de empresa innova en procesos mediante ingeniería de producción.

*Adaptador de tecnología.* Primordialmente la empresa adopta innovaciones desarrolladas por otras empresas u organizaciones como modo de innovación.

Teniendo en cuenta lo expuesto se obtuvieron los siguientes resultados.

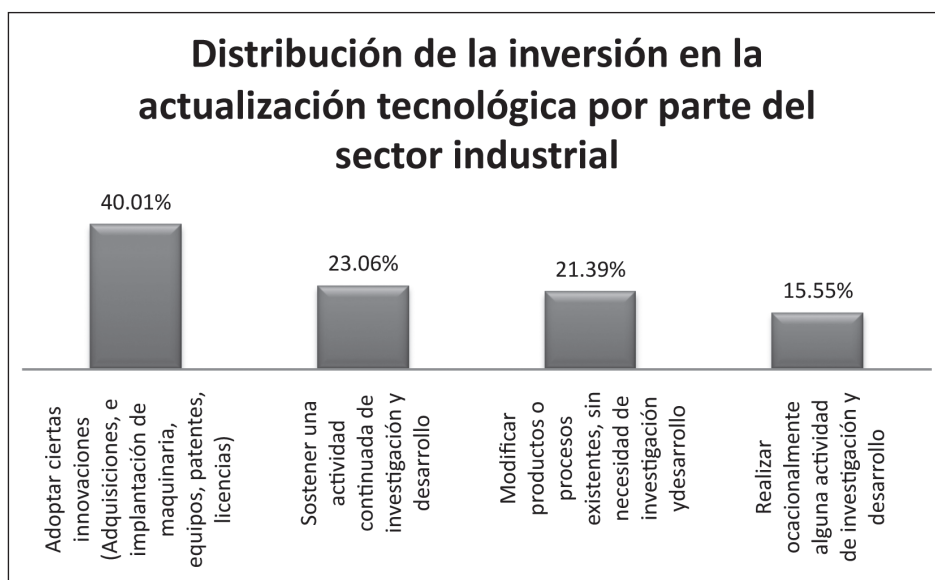


Fig. 10. Distribución de la inversión en innovación

Se observa un bajo porcentaje de innovadores estratégicos que mantengan constantemente actividades de investigación y desarrollo. Este aspecto se refleja en el ranking mundial de innovación 2011, nuestro país se encuentra en el puesto 93 entre 125 países manteniendo la ubicación 13 a nivel de Sudamérica y 16 en Latinoamérica y Caribe. Por lo tanto, es fundamental concienciar sobre la calidad de la inversión en innovación y no sólo en la cantidad de la misma.

Se observa un perfil de la industria cuencana, con tendencia en su conjunto, a ser esencialmente consumidora de tecnología y débilmente generadora de innovación tecnológica.

### 3.10 Percepción del beneficio potencial de la innovación tecnológica

El 80% del sector industrial considera que el beneficio de la investigación en la área de materiales es entre moderado y alto. Es decir, en general son más las empresas que creen en la innovación (80%) que aquellas que la practican efectivamente (figura 11).

Dentro del porcentaje que considera que es beneficiosa la investigación para el sector industrial, el 55% del sector industrial considera que el beneficio alto de la innovación tecnológica mejora la percepción de la calidad por parte del cliente y el mercado; el 53% manifiesta que influye en el costo del producto o servicio y el 49% indica que beneficia en la generación de nuevos productos o servicios, aspecto que concuerda con una industria con perfil de innovación adoptador; por lo que no tiene mayor interés en el desarrollo de nuevos productos o servicios.

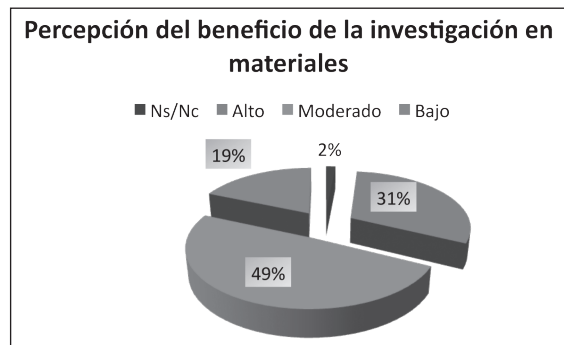


Fig. 11. Percepción del beneficio de la investigación en materiales

### 3.11 Dificultades encontradas por las empresas para la innovación tecnológica

Según la percepción del sector industrial, tabla 2, los factores más relevantes que se consideran como una barrera para la investigación e innovación en el área de los materiales son los referentes al talento humano y al entorno de servicios, mientras que en menor escala se refieren a problemas económicos o riesgos.

Criterio	Moderado	Alto	Muy alto	Total
Disponibilidad de personal capacitado	34%	12%	20%	66%
Entorno profesional y de servicios	28%	9%	9%	56%
Gasto necesario	26%	11%	15%	52%
Volumen de producción	23%	8%	14%	45%
Dificultad de mercadeo para llevar la innovación al mercado o los clientes	19%	17%	8%	44%
Incertidumbre y riesgo	22%	9%	5%	36%

### 3.12 Ayudas apreciadas por las empresas para la innovación tecnológica

Las empresas mencionan algunos aspectos que pueden ayudar mejorar la investigación e innovación en el área de los materiales como se indica en la tabla 3, es curioso el hecho de que no se considera como prioritario el aspecto económico sino los aspectos de vinculación con el sector académico y la creación de líneas de investigación; es decir están conscientes de la necesidad de generar proyectos conjuntos entre industria y universidad.

Tabla 3. Factores que favorecen la innovación tecnológica				
Criterio	Moderado	Alto	Muy alto	Total
Cooperación del sistema educativo	25%	19%	46%	90%
Líneas de investigación	22%	25%	34%	81%
Préstamos a largo plazo	11%	26%	39%	76%
Desgravaciones fiscales	12%	23%	37%	72%
Subvenciones económicas	20%	23%	19%	62%
Cooperación de otras empresas	26%	20%	15%	61%

## 4. Conclusiones

A partir del estudio realizado y de los resultados obtenidos se plantean las siguientes conclusiones que permiten definir el nivel científico y tecnológico de la ciencia de materiales en

la industria cuencana en diferentes ámbitos en los que se debe calificar su influencia:

**C1.** Empleo de materiales de reciente generación como materiales compuestos, semiconductores, nanomateriales, superaleaciones, biodegradables, biomateriales.

**Diagnóstico:** Nivel bajo.

Se presentan bajos niveles de producción y exportación de materiales de reciente generación. Su consumo llega al 24% y abarcan solo a los semiconductores, las superaleaciones y los biodegradables. No se reporta en uso de nano materiales ni biomateriales, menos su exportación.

**C2.** Mejora sustancial de las propiedades físicas y químicas de los materiales que se traducen en productos con mayor valor agregado.

**Diagnóstico:** Nivel bajo.

A nivel de Latinoamérica el Ecuador mantiene el puesto trece entre dieciséis países en agregar valor a sus productos.

**C3.** Minimización de problemas en etapa productiva relacionada con materiales.

**Diagnóstico:** Nivel medio.

Los principales problemas detectados se presentan en la etapa de producción debido a los procesos de transformación a que son sometidos los materiales, por la falta de entendimiento y control de las propiedades físicas y



químicas de los mismos. La baja calidad de muchos de los productos manufacturados ha hecho que se prefiera la importación de materiales y productos terminados en casos específicos como la fundición. Existen sectores que destacan como la metalmecánica, la madera, la cerámica, el cuero y la producción de artículos plásticos.

**C4.** Estándares de tecnología en maquinaria y equipos utilizados para el procesamiento.

**Diagnóstico:** Nivel medio.

La maquinaria y equipo para procesar materiales se encuentra mayoritariamente, entre tecnología básica y baja; llegan a cubrir los dos tercios de la maquinaria existente lo que no posibilita el trabajo con materiales de mayor tecnología. Se demuestra la relación directa entre el bajo desarrollo tecnológico de los materiales procesados y el bajo nivel de innovación tecnológica de las empresas. Destacan sectores como caucho, metalmecánica, cerámica, polímeros, quienes si cuentan con altos niveles de tecnología.

**C5.** Patentes de invención o modificación de materiales.

**Diagnóstico:** Nivel bajo.

En The Global Innovation Index 2011 (2), el Ecuador presenta en patentes locales aprobadas 0,7% puesto 91, patentes presentadas 3,85% puesto 46, modelos de utilidad 0,3%

puesto 52; lo que demuestra el bajo nivel de innovación de la industria.

**C6.** Cultura de investigación y desarrollo continuo I + D.

**Diagnóstico:** Nivel bajo.

En ese mismo informe (2), el Ecuador presenta un índice de innovación el 28,8% ocupa el puesto 93 entre 125 países. En el 40% de las empresas encuestadas, la innovación consistió solamente en adoptar tecnología para sus procesos productivos. Por el otro extremo, en el 23% de las empresas la innovación es componente clave de su estrategia, el valor es alto comparable a los estándares europeos; pero no se ve reflejado en la calidad de los productos. Se concluye que las actividades innovadoras de la industria local le dan un perfil de consumidor de tecnología, y mínimo generador de innovaciones tecnológicas, por debajo del promedio latinoamericano.

**C7.** Convenios vigentes entre centros educativos y centros productivos.

**Diagnóstico:** Nivel medio.

Las pocas investigaciones que se han realizado en el sector industrial fueron generadas por personal interno de las mismas y con colaboración de docentes o alumnos de universidades locales. Se percibe una alta predisposición para aumentar el nivel de participación conjunta entre universidad e industria.

## Estrategias

A partir del estudio realizado y de las conclusiones generadas, se presentan algunas estrategias que los centros de estudios superiores y las PYMES, pueden asumir para brindar respuesta a los puntos mencionados en los apartados anteriores.

- a. Entre industria y universidad: Convenios con el sector industrial para la generación de proyectos de investigación en el área de materiales o sostener actividades de I + D de forma conjunta mediante encuentros permanentes.
- b. Industria, universidad y centros de investigación: Ampliar la cobertura de los laboratorios de materiales.
- c. Industria, universidad y centros de investigación: Certificación de laboratorios del área de materiales.
- d. Universidad y centros de investigación: Convenios entre centros educativos de nivel superior e institutos de investigación para formar redes investigativas en el área de materiales.
- e. Universidad y centros de investigación: Generación de planes de formación de cuarto nivel para docentes involucrados en el área de materiales.
- f. Universidad: Oferta de posgrados en el área de materiales.

## Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica Salesiana por el financiamiento otorgado para esta investigación, así como al Centro de Investigaciones CIAME por su auspicio; a la Cámara de la Pequeña Industria del Azuay y a la Cámara de Industrias de Cuenca por la información facilitada para la realización del mismo. Y a las industrias por las facilidades prestadas para la recolección de información.

## Referencias bibliográficas

1. Banco Central del Ecuador. 2011. **Ecuador: Balanza comercial Enero-Mayo 2011**. Resumen ejecutivo, pág. 13.
2. Soumitra Dutta, INSEAD. 2011. **The Global Innovation Index 2011**. s. l.: INSEAD.
3. Sánchez Loja, R. 2010. **Diagnóstico del nivel de automatización en las pequeñas y medianas industrias de Cuenca**.
4. Devore, Jay L. 2005. 6.a ed. **Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias**. Thomson, México.



5. Serratos, J. M. 2010. **La investigación en ciencia de materiales en España**. 2, s.l. : Dialnet, Vol. 49. 0366-3175.
6. UTEPI. 2007. **Competitividad industrial del Ecuador**. Camaleón Diseño Visual. Quito.
7. Arundel, A., Hollanders, H. 2008. **Innovation scoreboards: indicators and policy use**. s.l. : Edward Elgar.

